



TRANSPORT VERS LA CÔTE OUEST DU CANADA DE DÉBRIS MARINS ISSUS DU TSUNAMI DE TÔHOKU DE 2011

Contexte

Le 9 décembre 2011, la Division des sciences océanologiques (DSO) de Pêches et Océans Canada (MPO) de la région du Pacifique a demandé à la Direction des Sciences du MPO, région du Pacifique, de fournir des informations et un avis sur le transport vers la côte Ouest du Canada de débris issus du tremblement de terre et du tsunami qui se sont produits au Japon en mars 2011. Cette demande avait été motivée par de nombreuses demandes reçues par la Division des sciences océanologiques; en effet, d'autres ministères et organismes fédéraux, la province de la Colombie-Britannique et les médias souhaitaient savoir quand, où et en quelle quantité des débris issus du tremblement de terre et du tsunami seraient susceptibles d'atteindre les eaux et les rivages canadiens. La Division des sciences océanologiques a posé les questions suivantes :

1. À quel moment et à quel endroit s'attend-on à ce que les débris issus du tsunami de Tōhoku de 2011 atteignent les eaux et les lignes de côte canadiennes?
2. Quels types de matières devrait-on s'attendre à trouver dans les débris et quelle quantité de matières estimée risque d'atteindre les eaux et les lignes de côte canadiennes?
3. Quelle surveillance le Canada et la communauté internationale exercent-ils sur les débris qui flottent dans l'océan?
4. Quels risques, s'il y a lieu, les débris posent-ils pour les espèces, habitats et écosystèmes se trouvant dans les eaux canadiennes?
5. Quelles sont les éventuelles répercussions pour la navigation dans les eaux canadiennes?

Le présent processus spécial de réponse des Sciences (PSRS) se fonde sur l'information disponible sur les débris et deux modèles de circulation océanique indépendants, simulant les déplacements des débris et les vitesses de dérive dans le nord de l'océan Pacifique. Ces éléments sont toutefois sujets à un degré d'incertitude élevé en raison d'une observation et d'un suivi des débris insuffisants, de la nature diffuse de la zone de débris et de l'absence d'essais en bonne et due forme des modèles. Pêches et Océans Canada a choisi de recourir à un processus spécial de réponse des Sciences parce qu'il lui a été demandé d'examiner seulement l'information disponible sur le sujet et non les méthodes de collecte des données ni les modèles de simulation et leurs résultats.

Voici les réponses et conclusions du processus spécial de réponse des Sciences :

1. À quel moment et à quel endroit s'attend-on à ce que les débris issus du tsunami de Tōhoku de 2011 atteignent les eaux et les lignes de côte canadiennes? D'après les prévisions du modèle, les débris du tsunami de mars 2011 devraient commencer à arriver dans les eaux nord-américaines en 2013 et continuer d'arriver dans une zone géographique étendue, allant de l'Alaska à la Californie, pendant plusieurs années.

*Cependant, les objets fortement exposés au vent peuvent être poussés par les vents d'ouest dominants et se déplacer plus rapidement vers la côte nord-américaine que les eaux de surface qui transportent probablement la plupart des débris. Les objets offrant une plus grande prise au vent pourraient atteindre la côte de la Colombie-Britannique plus tôt que la majorité des débris, qui devraient arriver dans le premier semestre de 2013. La plupart des débris consisteront en petits morceaux plutôt qu'en gros objets ou champs de débris, en raison des effets des courants de surface, des vents et des vagues. Il est important de noter que les débris issus du tsunami s'ajouteront aux débris déjà à la dérive dans les eaux canadiennes et qui arrivent chaque jour sur le rivage de la Colombie-Britannique. Les tendances actuelles de dépôt des débris sur les lignes de côte devraient se maintenir au moment de l'arrivée des débris du tsunami. Comme il n'est pas possible de déterminer l'origine de la plupart des débris rejetés, le seul indicateur de l'arrivée de débris issus du tsunami sera probablement une augmentation de la quantité de débris (par poids) par rapport à la moyenne à long terme. Il est peu probable que les débris issus du tsunami pénètrent dans le détroit de Georgie en raison des propriétés de l'eau de surface et des courants présents à l'entrée du détroit de Juan de Fuca.

2. **Quels types de matières devrait-on s'attendre à trouver dans les débris et quelle quantité de matières estimée risque d'atteindre les eaux et les lignes de côte canadiennes?** La quantité et la composition des débris du tsunami qui devraient atteindre l'Amérique du Nord sont extrêmement incertaines. Selon les premières estimations, la masse de débris emportée par l'océan varierait de 20 à 25 millions de tonnes. Néanmoins, une estimation mise à jour par le gouvernement du Japon indique que 1,54 million de tonnes de débris produits par le tsunami étaient encore à flot en mars 2012. À ce jour, aucune source indépendante n'a confirmé cette information et la composition des débris est peu connue. D'après les connaissances actuelles des processus océanographiques et du transport des débris marins, seuls les objets à la plus grande durabilité et flottabilité survivront à la traversée de l'océan Pacifique et atteindront l'Amérique du Nord. Les modèles utilisés pour prévoir les déplacements des débris montrent que la plupart des débris du tsunami resteront dans l'océan pendant plusieurs années et se rassembleront dans la *Plaque de déchets du Pacifique Nord*. Il est peu probable que les débris pris dans la plaque de déchets atteignent ensuite la côte de la Colombie-Britannique.
3. **Quelle surveillance le Canada et la communauté internationale exercent-ils sur les débris qui flottent dans l'océan?** Les débris emportés dans l'océan Pacifique ont été suivis par satellite pendant environ un mois après le tsunami. Les tentatives de localisation des débris par imagerie satellitaire à haute résolution en décembre 2011 se sont soldées par un échec. En l'absence de surveillance systématique des débris par satellite, les observations fortuites réalisées par des navires de passage ont été compilées et classées par le gouvernement japonais. Les lignes de côte de l'État de Washington sont actuellement observées pour recueillir des données sur la quantité et la composition des débris marins qui y échouent. Cette surveillance pourrait s'étendre aux côtes de l'Oregon et de la Californie. Il n'existe aucun programme officiel de surveillance systématique de la ligne de côte de la Colombie-Britannique, mais certaines données de référence sont recueillies lors des journées annuelles de nettoyage des plages coordonnées par des organisations non gouvernementales de l'environnement.
4. **Quels risques, s'il y a lieu, les débris posent-ils pour les espèces, habitats et écosystèmes se trouvant dans les eaux canadiennes?** Il est impossible de quantifier

* Mise à jour : Juin 2012

les risques posés par les débris du tsunami pour les espèces, habitats et écosystèmes marins de la Colombie-Britannique et de savoir si ces risques dépassent les seuils d'effet. Les niveaux de risque de référence posés par l'action des débris marins pour les espèces, les habitats et les écosystèmes dans les eaux canadiennes sont peu compris et mal documentés; c'est pourquoi, à l'heure actuelle, nous ne pouvons estimer l'augmentation cumulative des risques associée à l'arrivée des débris du tsunami. Cependant, le risque de radioactivité des débris associée au césium 137 (^{137}Cs) et à l'iode 131 (^{131}I) en provenance de la centrale nucléaire de Fukushima est estimé comme faible. Les résultats d'essais limités réalisés sur des débris du tsunami recueillis par un navire de recherche russe en septembre 2011 indiquent que les niveaux de radioactivité se situent sous les seuils de détection.

5. **Quelles sont les éventuelles répercussions pour la navigation dans les eaux canadiennes?** Les répercussions des débris marins sur la navigation dans les eaux canadiennes sont mal connues. Le plus grand risque pour la navigation serait posé par l'arrivée d'objets de grande taille (p. ex. conteneurs d'expédition, maisons) dans les eaux côtières, mais on estime comme faible la probabilité que de tels objets restent intacts après la traversée de l'océan Pacifique. Bien que les filets, cordages et autres débris sources d'enchevêtrement provenant du tsunami représentent un risque pour la navigation, ce dernier et les incidences en résultant viendront probablement s'ajouter par processus cumulatif aux risques posés actuellement par les autres débris sources d'enchevêtrement. Les petits objets (p. ex. grumes ou petits morceaux de bois) ne devraient représenter aucun risque supplémentaire pour la circulation de navires au large de la côte ouest de l'île de Vancouver. À leur arrivée, les débris du tsunami ne devraient pas poser de risque pour la circulation des bateaux dans les détroits de Juan de Fuca et de Georgie, car les propriétés de l'eau et les régimes de courants empêcheront le déplacement des débris vers ces étendues d'eau.

Nous savons qu'une partie des débris du tsunami survenu au Japon en 2011 finira par atteindre l'Amérique du Nord, mais de nombreuses incertitudes subsistent quant à la quantité et la composition des débris encore à la dérive, leur emplacement, leurs voies de passage, ainsi que le moment où ils atteindront nos côtes et leur quantité. Pour y répondre, il est recommandé de mettre à jour le présent avis à mesure que de nouveaux renseignements sont obtenus d'autres organismes gouvernementaux et de coordonner la surveillance et le suivi des débris.

Le présent rapport de réponse des Sciences est tiré du Processus spécial de réponse des Sciences de la région du Pacifique sur le transport vers la côte Ouest du Canada des débris marins issus du tsunami de Tōhoku de 2011, publié le 6 mars 2012 par le Secrétariat canadien de consultation scientifique de Pêches et Océans Canada.

Contexte

Le mégaséisme de magnitude 9 qui est survenu sous l'océan à environ 70 kilomètres de la côte est du Japon le 11 mars 2011 a provoqué un tsunami qui a ravagé le pays et entraîné des pertes de vie. Le tsunami a inondé les terres basses de la région de Tōhoku, au nord-est de l'île de Honshu, et, dans bien des cas, les vagues ont balayé des villages entiers. La quantité considérable de débris produite par le tsunami a été pour la plupart charriée dans l'océan lorsque l'eau s'est retirée. Ces débris marins sont actuellement transportés et dispersés par les courants océaniques et une partie devrait entrer dans les eaux canadiennes. Le rapport ci-dessous présente un aperçu des connaissances actuelles sur le transport des débris marins issus du tsunami de Tōhoku.

Analyse

Débris marins

Les débris emportés dans la mer par le tsunami consistent en une très grande variété d'objets de différentes matières et tailles, certains aussi grands que des maisons. La masse et le volume réels de ces débris ne sont pas connus avec exactitude. Le ministère de l'Environnement japonais a d'abord évalué les débris produits par le tsunami à environ 25 millions de tonnes, en comptant les débris restés sur le continent et ceux emportés par la mer (NOAA 2012a). Plus récemment, le gouvernement japonais a estimé que le tsunami avait charrié environ 4,8 millions de tonnes vers l'océan, dont 70 %, composés d'objets lourds, avaient coulé au fond de l'océan à une distance relativement courte du point d'entrée de l'onde et dont 1,54 million de tonnes continuaient de flotter dans le nord de l'océan Pacifique en mars 2012 (gouvernement japonais, 2012). Aucune source indépendante n'a confirmé ces chiffres, ni la composition des débris à la dérive. Il reste que les matières légères flottant à la surface de l'eau ou près de la surface, comme le plastique, le bois, les contenants en métal et les engins de pêche (filets, lignes, bouées, etc.) devraient continuer de flotter pendant une longue période. Le vent et les vagues exerceront des forces sur ces objets flottants, avec les effets relatifs déterminés par le degré d'exposition au vent (fraction de la surface d'un objet dépassant de la surface de l'eau). Les objets les plus grands, les maisons par exemple, devraient se briser en plusieurs morceaux.

Le tsunami de Tōhoku a inondé la centrale nucléaire de Fukushima, endommageant les réacteurs et les barres de combustible nucléaire irradié entreposées, en provoquant des fuites de matières radioactives, particulièrement de l'iode 131 (^{131}I , période radioactive de 8,02 jours) et du césium 137 (^{137}Cs , période radioactive de 30,17 années) dans l'atmosphère et l'océan. L'écoulement d'eau radioactive dans l'océan s'est produit bien après que la grande majorité des débris eurent été charriés dans l'eau par les courants océaniques. Peu de temps après le tsunami, des panaches de matières radioactives se sont échappées des réacteurs vers l'atmosphère et une partie peut s'être déposée sur les débris flottants. Étant donné que l'iode 131 a une période radioactive courte et que le césium 137 est hydrosoluble, la radioactivité déposée sur les débris s'est probablement dégradée sous les seuils de détection ou a été rincée par son exposition prolongée dans l'océan. Compte tenu de ces facteurs, il existe une très faible probabilité que les débris marins soient contaminés par des matières radioactives (NOAA 2012a).

Transport et dispersion par les courants océaniques

Les débris marins sont transportés et dispersés par les courants et les vents océaniques ainsi que par les vagues qui les accompagnent. Les grands courants océaniques transportent les débris sur de longues distances. L'océan étant également caractérisé par sa turbulence, des courants de surface et des remous dispersent progressivement un amas de débris compact à l'origine en une nébuleuse d'objets éparpillés sur une zone étendue.

Le tsunami de Tōhoku a déposé des débris dans l'océan le long de la côte nord de l'île de Honshu. Les courants d'Oyashio et de Kuroshio fusionnent dans cette région pour former l'extension du Kuroshio, un courant rapide se dirigeant vers l'est qui aurait emporté certains débris des côtes japonaises vers le centre du Pacifique Nord (voir figure 1). Au centre du Pacifique Nord, le débit devient plus large et lent, il s'agit du courant du Pacifique Nord (ou dérive due aux vents d'ouest). On estime que les débris marins du tsunami de Tōhoku seront

transportés par ce système de courants relativement lent dans l'océan Pacifique vers la côte Ouest de l'Amérique du Nord.

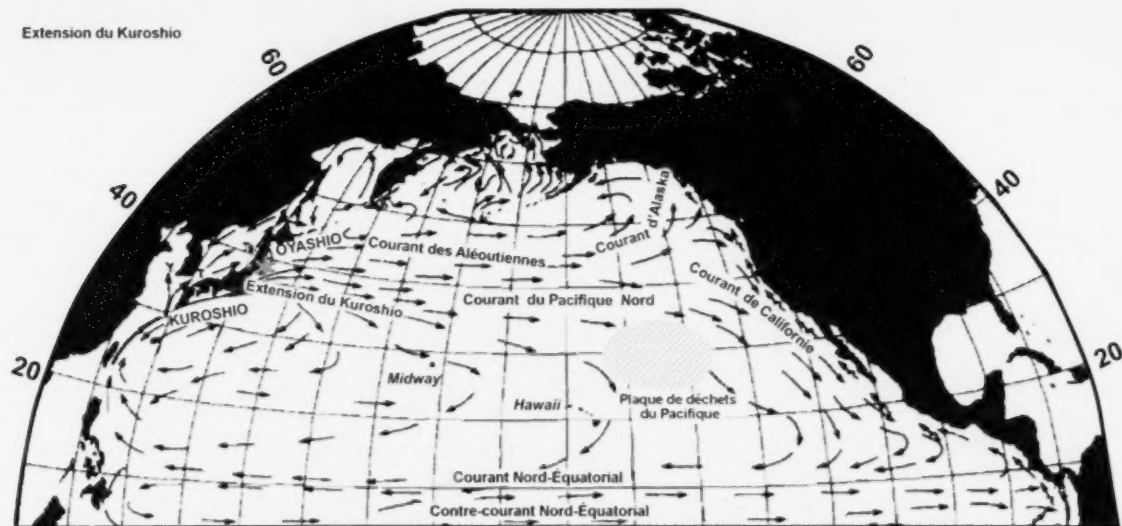


Figure 1. Schéma des principaux courants du Pacifique Nord. Le symbole rouge indique approximativement le lieu où les débris issus du tsunami survenu en mars 2011 sont arrivés dans l'océan. La zone bleue hachurée indique approximativement l'emplacement de la plaque de déchets du Pacifique Nord. Adapté de la figure 3 dans Tabata (1975).

Près de la côte de l'Amérique du Nord, le courant du Pacifique Nord se divise (bifurque) en deux systèmes de courants, l'un vers le nord-est et l'autre vers le sud-est, appelés courant d'Alaska et courant de Californie respectivement. Les débris du tsunami seront transportés dans ces deux systèmes de courants quand ils approcheront de l'Amérique du Nord. Les débris flottant vers le nord dans le courant d'Alaska sont plus susceptibles d'entrer dans les eaux canadiennes, alors que ceux transportés vers le Sud risquent davantage d'avoir une incidence sur la côte Ouest des États-Unis et Hawaii.

L'étude du déplacement d'objets flottants a montré que la latitude de la bifurcation est environ 50°N (Bograd *et al.* 1999), avec de légères variations d'une année à l'autre. Avant d'échouer sur la ligne de côte de la Colombie-Britannique, les débris doivent traverser une région au débit variable située à l'est de la zone de bifurcation. C'est là que, généralement, des vents d'ouest entraînent des segments de la zone de débris vers la côte. Les courants peuvent seulement apporter les débris près de la côte. Ils sont ensuite déposés sur la ligne de côte par l'action de la marée qui se retire, des vents du large et des vagues.

Les grands courants illustrés dans la figure 1 représentent une image idéalisée de la circulation générale dans le Pacifique Nord. D'autres mouvements, très variables et puissants, se produisent à diverses échelles plus petites à tout moment. Ces mouvements, ou remous, sont les analogues marins des systèmes atmosphériques produisant les situations météorologiques quotidiennes familières. Le principal effet de la variabilité des remous sur les débris marins consiste à les répartir sur une étendue de plus en plus grande. Examinons, par exemple, l'estimation de dispersion suivante, dans laquelle l'échelle de longueur de la dispersion d'un amas est

$$d = \sqrt{2Kt},$$

t étant le temps écoulé et K la diffusivité latérale du remous fondée sur la dispersion d'une seule particule. Zhurbas et Oh (2003) ont indiqué que les valeurs $5\,000 - 10\,000\text{ m}^2\text{ s}^{-1}$ sont représentatives de la diffusivité d'une seule particule dans l'extension du Kuroshio. En prenant la valeur de diffusivité la plus basse, nous obtenons une étendue de dispersion de $d \approx 400\text{ km}$ après une période de six mois. Un cercle d'un rayon de 400 km englobe une aire d'environ $500\,000\text{ km}^2$, comparable à la superficie de la province d'Alberta ($660\,000\text{ km}^2$) ou de l'État de Californie ($424\,000\text{ km}^2$). D'après ce calcul simple, les débris issus du tsunami devraient se disperser en un amas très diffus s'étendant sur des centaines de milliers de kilomètres carrés en six mois seulement. Dans cette large étendue, la distribution des débris ne devrait pas être uniforme. Ce seront plus probablement des tas irréguliers et de longs filaments de débris qui seront observés.

Situation actuelle

Le transport des débris du tsunami a été observé en haute mer très tôt après leur dépôt dans l'océan. Ils ont été suivis pendant une courte période par le satellite (NOAA 2012b). Des amas de débris ont ainsi pu être vus par imagerie satellitaire pendant un mois environ après le tsunami. Toutefois, dès le 14 avril 2011, la nébuleuse de débris était si dispersée qu'elle n'était plus visible par l'imagerie satellitaire (NOAA 2012b). En décembre 2011, des chercheurs de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ont examiné des images satellitaires à haute résolution d'une portion de l'océan d'une superficie de $50\text{ par }60\text{ km}$, où les débris auraient dû se trouver d'après les simulations des modèles, sans parvenir à les détecter. Ce résultat pouvait signifier soit que l'échelle des débris était plus petite que la résolution de $1\text{-}2\text{ mètres}$, soit que les débris ne se trouvaient pas dans le lieu prévu. Quelle que soit l'explication, le résultat souligne les limites des connaissances sur la répartition actuelle des débris issus du tsunami (N. Barnea, Programme des débris marins de la NOAA, communication personnelle). Comme aucun suivi par satellite des débris du tsunami n'est réalisé à l'heure actuelle, il est pratiquement impossible de les surveiller de manière approfondie.

Les rapports issus des observations directes de débris en mer sont rassemblés par le gouvernement japonais et la National Oceanic and Atmospheric Administration et les observations réalisées par des navires commerciaux sont compilées et classées (gouvernement du Japon, 2012b). Le nombre d'observations enregistrées entre avril et novembre 2011 s'élève à 97. Toutes indiquaient des débris dans la région du Pacifique à l'ouest de la ligne internationale de changement de date et au sud du 45° N ; ils étaient principalement composés de petits bateaux et/ou de conteneurs. Les bateaux seraient le plus souvent renversés ou partiellement submergés. La dernière observation signalée date de novembre 2011.

À ce jour, la National Oceanic and Atmospheric Administration n'a reçu que deux rapports indiquant la présence de débris du tsunami dont l'origine a pu être confirmée. L'un d'eux comporte d'importantes observations réalisées en haute mer par le *STS Pallada*, un voilier russe qui voyageait dans le Pacifique vers l'ouest, à destination de Vladivostok (Centre international de recherche sur le Pacifique, IRPC 2011a). Peu après l'atoll de Midway, l'équipage du *STS Pallada* remarqua de nombreux objets à la dérive à la surface de l'eau. Le 22 septembre 2011, à environ 800 km de l'atoll Midway, le *STS Pallada* trouva ainsi un petit bateau de pêche, qui serait enregistré à Fukushima (Japon). Les mesures réalisées sur le bateau ont indiqué des niveaux de radioactivité sous les seuils de détection. Le voilier continua d'enregistrer les débris observés pendant sa navigation vers le nord-ouest, en direction du Japon.

Prévisions des lieux des débris

La prévision des déplacements des débris du tsunami dépend des résultats des modèles et se caractérise donc par un degré élevé d'incertitude. Les résultats des simulations de modèles réalisées par la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA 2012a) et l'Université d'Hawaii (IPRC 2011b) sont dans le domaine public. Nous ne savons pas exactement dans quelle mesure les modèles sont fiables, car ils n'ont pas été testés par rapport à des observations, particulièrement pour un événement aussi unique que le tsunami de mars 2011. Il est toutefois encourageant de constater que, malgré des formules différentes, les deux modèles produisent des résultats cohérents. La figure 2 montre la répartition des débris issus du tsunami à différentes périodes selon les prévisions du modèle de l'Université d'Hawaii.

Voici quelques faits saillants de la simulation.

- Comme prévu, la simulation montre la dispersion des débris sur une superficie étendue lors de leur transport dans l'océan Pacifique vers la côte nord-américaine.
- La partie la plus avancée de la nébuleuse de débris devrait atteindre le continent nord-américain environ deux ans après son arrivée dans l'océan. D'après ces prévisions, les débris commenceraient à arriver le long de la côte au printemps 2013 ou peu après.
- Selon son aspect d'origine, la vitesse à laquelle les débris arriveraient le long de la côte devrait progressivement augmenter. Ils continueront d'être transportés par les courants océaniques près de la côte pendant plusieurs années et il est possible qu'ils puissent se déposer sur la ligne de côte de la Colombie-Britannique pendant toute cette période.
- Dans la simulation, la plupart des débris sont transportés au sud du système du courant de Californie, et une part moins importante entrerait dans le courant d'Alaska. Selon ces résultats, la côte Ouest des États-Unis devrait recevoir une plus grande quantité de débris que la côte Ouest canadienne.
- La simulation indique que la plupart des débris (> 90 %) se trouveront toujours dans l'océan cinq ans après le tsunami. Elle montre en particulier qu'une grande quantité de débris s'accumulerait dans la zone de la plaque de déchets du Pacifique Nord (figure 1). Des débris flottants, particulièrement du plastique, se sont accumulés au fil des années dans cette vaste étendue océanique au nord-est d'Hawaii en raison de la convergence de courants de surface provoqués par les vents (transport d'Ekman) (Maximenko *et al.* 2012). D'après la simulation, les débris seraient retenus dans la plaque de déchets pendant de nombreuses années.

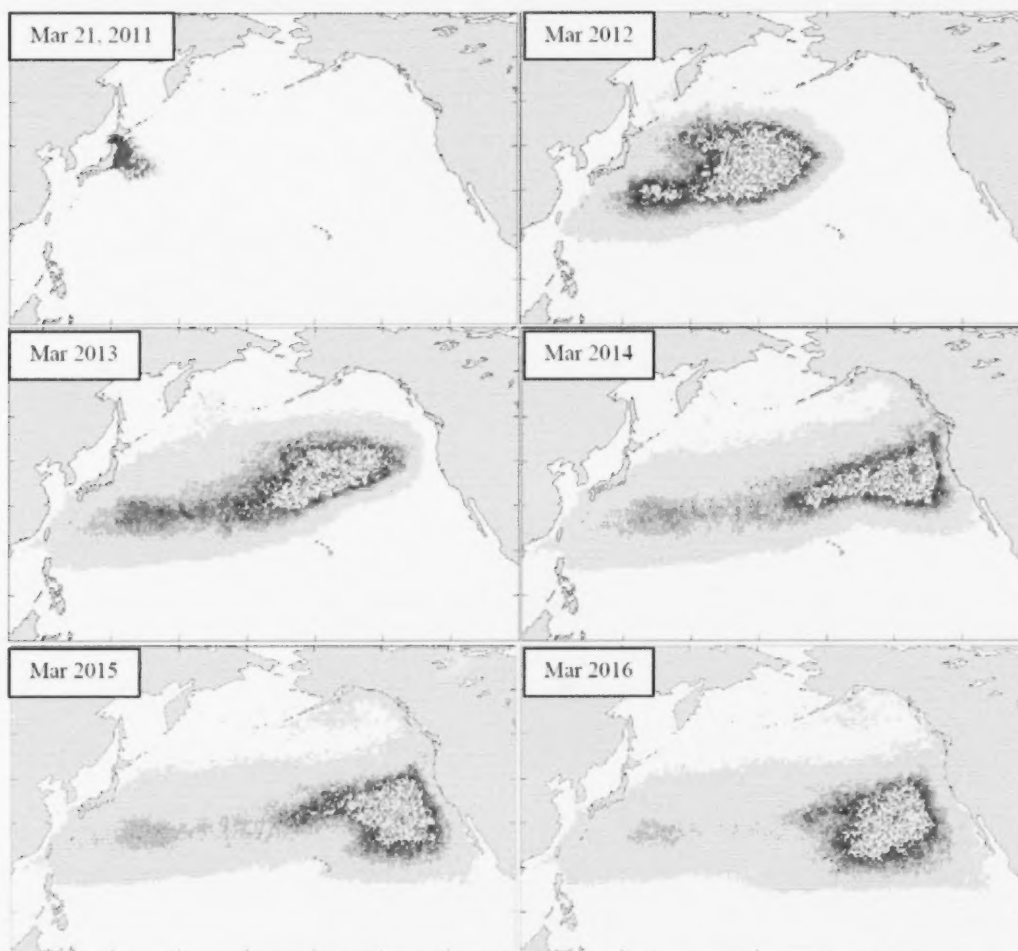


Figure 2. Répartition des débris du tsunami à un an d'intervalle dans une simulation de modèle réalisée par N. Maximenko et J. Hafner de l'Université d'Hawaii. Dans la simulation, la concentration de débris à proximité de la côte de la Colombie-Britannique culmine vers le mois de mars 2014, soit trois ans après avoir été emportés par l'océan. Ils se maintiennent le long de la côte de la Colombie-Britannique pendant au moins cinq ans, quoiqu'à des niveaux moindres. Figure extraite du document du Centre international de recherche sur le Pacifique (IPRC 2012b).

Les résultats de cette simulation de modèle reposent sur les trajectoires d'un grand nombre d'objets flottants déployés dans l'océan pendant 30 ans (Maximenko *et al.* 2012). Elles sont représentatives du mouvement des objets se déplaçant dans la couche supérieure de la colonne d'eau. Elles sont peut-être moins représentatives du mouvement des objets offrant une grande exposition au vent et flottant bien au-delà de la surface de l'eau, directement soumis à la force du vent. Les objets fortement exposés au vent peuvent être poussés par les vents d'ouest dominants et se déplacer plus rapidement vers la côte nord-américaine que les eaux de surface qui transportent probablement la plupart des débris. Les objets offrant une plus grande prise au vent pourraient atteindre la côte de la Colombie-Britannique plus tôt que la majorité des débris, qui devraient arriver dans le premier semestre de 2013.

Impacts environnementaux et dangers pour la navigation

Il est difficile d'établir avec certitude quel sera l'impact environnemental des débris du tsunami sur les eaux côtières et la ligne de côte de la Colombie-Britannique. À l'heure actuelle, le volume de débris susceptible d'échouer sur la côte ne peut être estimé et la composition des débris est mal connue. C'est pourquoi les risques pour l'habitat, les espèces et les écosystèmes ne peuvent encore être déterminés.

De même, il est difficile de mesurer les éventuels dangers posés par les débris pour la navigation. Les débris atteignant les eaux de la Colombie-Britannique pourraient contenir quelques grands objets (p. ex. des conteneurs de bateaux) et nous pouvons supposer un risque de collision en mer. Cependant, le plus grand risque pour la navigation risque d'être dû aux enchevêtrements dans des engins de pêche, des cordages et des filets flottants. L'ampleur du risque est inconnue par rapport aux risques actuels, vu la documentation insuffisante.

Conclusions

De nombreuses questions pertinentes se posent concernant les débris marins produits par le tsunami de Tōhoku, mais seules des hypothèses de réponse peuvent être données tant les incertitudes sont grandes. Nous savons qu'une masse importante de débris a été charriée dans l'océan Pacifique et est transportée au large par les courants océaniques. L'étendue spatiale et la composition du champ dans lequel évoluent les débris sont peu connues. Ce champ serait très diffus, les débris étant dispersés en nombreux petits amas sur une très large superficie océanique. Quelques rapports isolés ont indiqué que, comme prévu, les débris étaient transportés dans le Pacifique et avaient atteint le centre de l'océan. Cependant, aucune surveillance systématique du mouvement des débris n'est en cours.

Toutes les projections dépendent de modèles insuffisamment éprouvés. Ces modèles produisent des résultats qualitativement similaires, qui prévoient que la majeure partie des débris arriverait le long de la côte nord-américaine pendant le premier semestre de 2013, mais que certains objets offrant une plus grande prise au vent pourraient arriver plus tôt. La plupart des débris atteignant l'Amérique du Nord se déplaceront vers le sud dans le courant de Californie, certains échoueront sur la côte des États de Washington, de l'Oregon et de Californie avant de s'éloigner vers l'archipel d'Hawaii. Une portion moindre des débris se déplacera dans le courant d'Alaska, dont seront issus fort probablement les débris qui se déposeront sur les plages de la Colombie-Britannique. Les modèles indiquent aussi que les débris du tsunami resteront pour la plupart dans l'océan pendant plusieurs années, accumulés dans la plaque de déchets du Pacifique Nord. Il est peu probable que les débris pris dans la plaque de déchets atteignent ensuite la côte de la Colombie-Britannique.

Il est important de noter que des débris marins issus de diverses sources nationales et étrangères flottent dans les eaux canadiennes et se déposent sur la ligne de côte de la Colombie-Britannique chaque jour. La plupart consistent en petits morceaux non identifiables. Il est impossible de déterminer les emplacements de la côte de la Colombie-Britannique sur lesquels échoueraient les débris du tsunami, car les modèles utilisés pour prévoir le déplacement des débris ne tiennent pas compte des facteurs de marée, de vent, de vagues et de géographie locale, fondamentaux pour l'arrivée de débris sur une ligne de côte. Les tendances actuelles de dépôt des débris sur les lignes de côte devraient toutefois se maintenir au moment de l'arrivée des débris du tsunami. Par conséquent, les lieux dans lesquels échouent aujourd'hui des débris (p. ex. les plages « collectrices » de déchets) sont susceptibles de recevoir des débris du tsunami.

Il est peu probable que les débris marins issus du tsunami pénètrent dans le détroit de Georgie, en raison d'un fort débit sortant d'eau plus douce en surface passant par le détroit de Juan de Fuca et d'un remous dans le sens contraire des aiguilles d'une montre à l'entrée du détroit, qui retient les débris de surface et les rapporte au large de la côte ouest de l'île de Vancouver.

Bien que le tsunami de mars 2011 ait probablement déversé la plus grande quantité de débris issus d'une même source jamais reçue par le nord de l'océan Pacifique, la signification de cet augmentation demeure incertaine en raison du manque de connaissances sur les débris marins existant. Le gouvernement japonais estime qu'environ 70 % des débris charriés dans l'océan ont coulé dans la plate-forme continentale et qu'environ 1,54 million de tonnes de débris flottaient toujours dans le Pacifique Nord en mars 2012 (gouvernement du Japon 2012a), mais aucune source indépendante n'a vérifié ces chiffres. D'après les connaissances actuelles sur les processus océanographiques et le transport des débris marins, seuls les objets à la plus grande durabilité et flottabilité survivront à la traversée de l'océan Pacifique et atteindront l'Amérique du Nord. Cette règle s'appliquera probablement aux débris du tsunami. La plupart des grands objets charriés dans l'océan par le tsunami (p. ex. les conteneurs d'expédition, les maisons, les petits bateaux) ne devraient pas arriver intacts après la traversée du Pacifique Nord.

Le déplacement des débris du tsunami a été suivi par satellite pendant environ un mois. Après cette période, les débris étaient trop dispersés et les morceaux trop petits pour être suivis par la résolution de l'imagerie satellitaire. En décembre 2011, une tentative de vérifier l'emplacement des déchets d'après les prévisions de l'Université d'Hawaii s'est soldée par un échec. Les observations fortuites enregistrées par des navires de passage ont été compilées et classées par la NOAA et le gouvernement japonais. Comme il n'y a pas de localisation de débris du tsunami par satellite, nous manquons actuellement de données fiables sur l'emplacement, les voies de passage et les vitesses de dérive des débris du tsunami dans le nord du Pacifique.

Une surveillance des lignes de côte a été réalisée pendant plusieurs années dans l'Olympic Coast National Marine Sanctuary de Washington, au moyen d'un protocole documenté établi par le programme des débris marins de la NOAA (<http://marinedebris.noaa.gov/>). Aucun programme de surveillance systématique des lignes de côte n'est mis en place en Colombie-Britannique. Cependant, certains renseignements de référence sont recueillis lors des journées annuelles de nettoyage des plages, coordonnées par des organisations non gouvernementales de l'environnement. Un suivi serait toutefois nécessaire pour évaluer la qualité de ces données.

Ni les risques posés actuellement par les débris marins pour les habitats, les espèces et les écosystèmes de la Colombie-Britannique ni l'augmentation cumulative des risques due aux débris du tsunami ne sont quantifiables, car les risques posés par les débris marins dans les eaux canadiennes en général sont mal compris et peu étudiés. S'il est possible que le risque d'enchevêtrement soit accru pour les espèces de la Colombie-Britannique en raison de la présence de filets, de cordages et de plastiques à la dérive, l'ampleur de l'augmentation par rapport au risque d'enchevêtrement actuel dû aux débris marins est inconnue. Cependant, le risque de radioactivité des débris associée au césium 137 (^{137}Cs) et à l'iode 131 (^{131}I) en provenance de la centrale nucléaire de Fukushima est estimé comme très faible. L'iode 131 a une période radioactive d'environ huit jours et, en mars 2012, les niveaux de radioactivité devaient être bien inférieurs aux seuils de détection les plus sensibles et sous tous les seuils d'effets connus. Les sels de césium 137 sont hydrosolubles et peuvent être rincés des débris pendant leur longue présence en mer. Les résultats d'essais réalisés sur des débris du tsunami recueillis par un navire de recherche russe en septembre 2011 indiquent que les niveaux de

radioactivité se situent sous les seuils de détection. Il existe une possibilité de bioaccumulation du césium 137 dans les réseaux trophiques aquatiques, mais le risque pour les espèces et les écosystèmes marins de la Colombie-Britannique par transport biologique seront probablement faibles, car le césium 137 est rapidement éliminé des organismes, avec une période biologique courte de deux à trois mois environ.

L'impact de référence des débris marins sur la navigation dans les eaux canadiennes est mal connu et, par conséquent, les effets supplémentaires associés à l'arrivée de débris du tsunami dans les eaux canadiennes ne sont pas quantifiables à l'heure actuelle. Les plus grands risques pour la navigation seront vraisemblablement causés par les grands objets (p. ex. conteneurs d'expédition, maisons, etc.) près des côtes, mais la possibilité que ces objets arrivent intacts après une traversée du Pacifique devrait être très faible. De plus, le nombre de grands objets emportés au large du Japon n'est pas nécessairement élevé. Les filets et cordages à la dérive ainsi que les autres débris susceptibles de créer un enchevêtrement provenant du tsunami pourraient augmenter le risque d'enchevêtrement posé actuellement aux bateaux par d'autres débris dans les eaux canadiennes. Les petits objets (p. ex. grumes ou petits morceaux de bois) ne devraient représenter aucun risque supplémentaire pour la circulation de navires au large de la côte ouest de l'île de Vancouver. À leur arrivée, les débris du tsunami ne devraient pas poser de risque pour la navigation des bateaux dans les détroits de Juan de Fuca et de Georgie, car les propriétés de l'eau et les régimes de courants empêcheront la pénétration de la quasi-totalité des débris dans ces zones.

Voici des recommandations supplémentaires concernant des mesures qui pourraient être adoptées pour remédier au problème des débris du tsunami.

1. Le gouvernement japonais a publié de nouvelles estimations sur la quantité et la composition des débris charriés dans l'océan et toujours à la dérive en mars 2012. Comme ces données n'étaient pas disponibles au moment de la réunion du processus spécial de réponse des sciences (PSRS), il pourrait être prudent de réévaluer les conclusions et avis de cette réponse des Sciences, après confirmation des nouvelles estimations par des sources indépendantes.
2. Pêches et Océans Canada possède une expertise suffisante pour coopérer avec d'autres organisations scientifiques étudiant les débris marins et transférer l'information sur les déplacements de débris, les observations en mer et autres questions scientifiques aux organismes pertinents au Canada, chargés d'élaborer des plans d'intervention d'urgence en prévision de l'arrivée des débris du tsunami dans les eaux canadiennes et sur les rivages de la Colombie-Britannique.
3. Étant donné que les grands objets flottants sont plus facilement détectables et plus susceptibles de causer un risque pour la navigation, d'autres possibilités de détection précoce des grands objets devraient être examinées, notamment la surveillance aérienne pour l'application des lois sur les pêches, la navigation commerciale, Radarsat et l'installation de radars sur la côte.
4. Aucun programme de surveillance systématique des lignes de côte n'est mis en place en Colombie-Britannique. Si un programme de surveillance électronique en bonne et due forme est envisagé, il faudrait tenir compte du protocole du programme des débris marins de la NOAA utilisé à Washington à des fins de cohérence dans les méthodes de collecte de données et d'analyse.

Collaborateurs

Nir Barnea	NOAA Marine Debris Program
Robin Brown	MPO Sciences, DSO
Patrick Cummins	MPO Sciences, DSO
Howard Freeland	MPO Sciences, DSO
Kathryn Forge	Sécurité publique Canada, région de la C.-B.
John Holmes (chair)	MPO Sciences, DEMA
Marilyn Joyce	MPO Sciences, CASP
Amy Macfayden	NOAA Marine Debris Program
Teron Moore	Emergency Management BC
Peter Murphy	NOAA Marine Debris Program
Rick Thomson	MPO Sciences, DSO
Glenn Watabayashi	NOAA Marine Debris Program

Approuvé Par :

Laura Richards
Directrice régionale, Direction des sciences
Nanaimo, CB

Date : le 23 mars

Sources de renseignements

BOGRAD, S., R.E. THOMSON, A.B. RABINOVICH and P.H. LEBLOND. 1999. *Near-surface circulation for the northeast Pacific Ocean from WOCE-SVP satellite-tracked drifters*. Deep-Sea Res. II, 46: 2371-2403. [en anglais seulement]

GOUVERNEMENT DU JAPON 2012a. Communiqué de presse en japonais, consulté à l'adresse : <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=14948>

GOUVERNEMENT DU JAPON 2012b.
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kaiyou/hyouryuu_eng.html

INTERNATIONAL PACIFIC RESEARCH CENTER (IPRC). 2011a. *Russian ship finds tsunami debris where scientists predicted*. Communiqué de presse conjoint avec le STS Pallada [en anglais seulement]. Consulté à l'adresse : http://iprc.soest.hawaii.edu/news/press_releases/2011/pallada_tsunami_debris.pdf. IPRC, School of Ocean and Earth Science and Technology (SOEST), University of Hawai'i at Mānoa

INTERNATIONAL PACIFIC RESEARCH CENTER (IPRC). 2011b. *Where will the debris from Japan's tsunami drift in the Ocean?* Communiqué de presse conjoint avec le STS Pallada [en anglais seulement]. Consulté à l'adresse : http://www.soest.hawaii.edu/iprc/news/press_releases/2011/maximenko_tsunami_debris.pdf. IPRC, School of Ocean and Earth Science and Technology (SOEST), University of Hawai'i at Mānoa

MAXIMENKO, N., J. HAFNER and P. NIILER. 2012. *Pathways of marine debris derived from trajectories of Lagrangian drifters*. Mar. Pollut. Bull. 65: 51-62 [en anglais seulement].

NOAA 2012a [en anglais seulement]. Fiche d'information préparée par le programme des débris marins de la NOAA : <http://marinedebris.noaa.gov/info/japanfaqs.html>

NOAA 2012b [en anglais seulement]. <http://www.nesdis.noaa.gov/AboutNESDIS.html>

TABATA, S. *The general circulation of the Pacific Ocean and a brief account of the oceanographic structure of the North Pacific Ocean. Part I – circulation and volume transports*. Atmosphere 13: 133-168. 1975. [en anglais seulement].

ZHURBAS, V. and I.S. OH. 2003. *Lateral diffusivity and Lagrangian scales in the Pacific Ocean as derived from drifter data*. J. Geophys. Res. 108(C5): 3141, doi:10.1029/2002JC002241 [en anglais seulement].

Ce rapport est disponible auprès du :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada
Station biologique du Pacifique
3190, chemin Hammond Bay
Nanaimo (Colombie-Britannique)
Canada V9T 6N7

Téléphone : 250-756-7208
Courriel : CSAP@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs

ISSN 1919-3793 (imprimé)
ISSN 1919-3815 (en ligne)
© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2012

An English version is available at the above address.



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2012. Transport vers la côte Ouest du Canada de débris marins issus du tsunami de Tōhoku de 2011. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Rép. des Sci. 2012/006.